

Les bassins versants représentatifs et expérimentaux pour une surveillance à long terme des ressources en eau et de leur modifications

par

P. Dubreuil

Directeur de recherche à l'ORSTOM

25^e anniversaire du Bassin de l'Orgeval
18 octobre 1988

07 DEC. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 41615

Site : B

Il y a plus de cinquante ans que des études approfondies ont été entreprises sur des bassins versants de taille modeste, qui furent rapidement qualifiés de représentatifs et d'expérimentaux.

De tels bassins versants représentatifs et expérimentaux, (disons BVRE pour simplifier) ont connu un développement considérable après la dernière guerre mondiale dans les années 50 et 60.

Il ne s'est pas agi uniquement d'une mode, même si certains sceptiques l'ont soutenu.

En effet, ces outils essentiellement au service des sciences hydrologiques ont été affinés et adaptés au cours des années pour satisfaire des demandes et des objectifs divers. Ils sont encore présents et actifs dans la panoplie des hydrologues. Les hydrologues européens pensent leur utilisation nécessaire à une bonne surveillance à long terme (monitoring) des ressources en eau et de leurs modifications au point de s'associer en réseau européen de laboratoires pour mieux les exploiter.

Un brin d'histoire

C'est cependant bien des Etats-Unis que sont sortis dans les années 30 et 40 les premiers concepts théoriques qui serviront de base aux analyses des observations et mesures conduites sur BVRE :

- en 1938, HORTON énonçait ses lois de l'infiltration, issues d'essais expérimentaux sur parcelles, selon lesquelles passée une certaine intensité, dépendante de l'état initial d'humidité du sol, la pluie ne pouvait plus s'infiltrer et donnait naissance à du ruissellement immédiat en surface du sol ;

* Directeur de recherches ORSTOM

- en 1932, SHERMAN avait soutenu l'hypothèse de l'hydrogramme unitaire, réponse caractéristique d'un bassin versant à une pluie unitaire (de durée courte).

Les bases de ce qui devaient devenir les fonctions de production et de transfert des écoulements sur bassins étaient ainsi posées. Les modélistes pouvaient apparaître sur la scène hydrologique.

Il ne tardèrent pas. Citons l'exemple à ce stade de rappel historique, de CRAWFORD et LINSLEY avec, dès 1963, leur imposant modèle conceptuel du cycle hydrologique. Tous les modélistes s'en inspirèrent, réduisant ou ajoutant à leur schéma, proposant tel ou tel algorithme de remplacement pour rendre compte des mouvements internes du cycle de l'eau dans le sol, la phase la plus complexe de ce cycle. Quelques BVRE furent mis en exploitation surtout aux Etats-Unis mais également, quoiqu'avec moins d'intensité, en quelques pays européens.

En France, sous l'impulsion en particulier de Joseph JACQUET, Electricité de France se révéla pionnière et installa plusieurs petits bassins d'études (Alrance, le premier dès 1950) entre autres régions dans le Massif Central, où certainement la construction d'usines hydroélectriques sur des cours d'eau de taille modeste lui posait des problèmes de connaissance précise des débits, faute à l'époque de stations hydrométriques permanentes de réseau sur ce type de rivières.

A l'ORSTOM, Jean RODIER, relevant le défi du développement des infrastructures en Afrique francophone, entreprit un vaste programme de bassins représentatifs pour permettre un calibrage aisé des ouvrages d'art routier et ferroviaire et des petits barrages en terre.

la communauté hydrologique internationale s'organisait et amenait l'UNESCO au début des années soixante à lancer la Décennie Hydrologique Internationale (1965-1974). Les bassins représentatifs et expérimentaux allaient y acquérir leurs lettres de noblesse.

Un symposium particulier leur fut consacré dès septembre 1965 à Budapest.

Un Groupe de travail UNESCO en fut la conséquence pratique et reçut la mission en 1966, de produire un Guide. Il fut édité en 1970. L'animateur principal en fut C. TOEBES, qui venait de Nouvelle-Zélande, pays dans lequel les études sur BVRE s'étaient très fortement développées. J. JACQUET fut un co-éditeur

actif de ce guide.

Je vais donc tout naturellement m'y reporter pour donner une définition - car il en est temos - des BVRE.

Quelques définitions

Les bassins représentatifs sont des bassins qui sont choisis parce que représentant une région hydrologique, c'est-à-dire une région dans laquelle on présume une certaine similarité des caractéristiques hydrologiques. De tels bassins sont établis en conditions naturelles relativement stables de l'occupation des sols. Leur taille modeste peut dépendre de la variabilité spatiale des caractères géographiques des paysages. Des limites de 1 à 250 km² sont évoquées. Les hydrologues russes poussent la borne supérieure à 1000 km² (immensité monotone de la steppe... et de la toundra). Le Guide indiquait également que les bassins représentatifs avaient plusieurs objectifs :

- de recherche fondamentale sur les processus hydrologiques;
- de moyens de développement des méthodes de calculs, de prédétermination et d'évaluation des ressources en eau ;
- de compléments des réseaux hydrométriques ordinaires pour les bassins de taille modeste ;
- de témoins des changements naturels (climatiques...) lorsqu'ils étaient établis en des milieux naturels non influencés directement par les activités humaines ; on parlait alors de bassins témoins ou repères "benchmark".

Quant aux bassins expérimentaux, il s'agit de bassins à complexe sol-végétation relativement homogène et à caractéristiques physiques uniformes sur lesquels après une phase de calibrage, on modifie une ou plusieurs caractéristiques - généralement l'une des formes d'occupation des sols - pour en étudier l'effet sur le cycle hydrologique. De tels bassins sont du fait des expérimentations de taille très modeste, rarement de plus de 4 km². Pour faciliter les problèmes de comparaison et de calibrage, on conseille d'utiliser une paire de bassins, l'un restant intact, témoin, l'autre subissant la modification objet de

l'analyse (paired catchments).

La modification de régime hydrologue provoquée par la coupe de la forêt, par la déforestation, a bien été dès le début le grand sujet expérimental par excellence. La notion de temps si chère aux forestiers a été ici en coïncidence avec le besoin de longue durée des observations sur BVRE.

Encore une fois, les hydrologues forestiers (ou les forestiers hydrologues) américains ont été parmi les pionniers. Mais nos voisins suisses n'étaient pas les derniers.

Un grand symposium d'hydrologie forestière faisait d'ailleurs magistralement le point des acquis expérimentaux en 1965 en Pennsylvanie.

Le développement des connaissances sur les processus

Après ces définitions et les commentaires qu'elles ont suscités, il semble opportun de reprendre le fil de l'histoire des BVRE.

Il se déroule en 3 grandes étapes :

- Années 50 et 60 l'expansion et les certitudes
- Années 70 le bilan, les doutes
- Années 80 la reconversion et le renouveau.

Il faut éclairer d'entrée de jeu les raisons d'être de la seconde étape. Elles sont intrinsèques à l'outil même du BVRE. En effet, ce que ne disait pas explicitement les définitions précédentes extraites du Guide UNESCO, c'est qu'un BVRE, cela signifie :

- beaucoup d'équipements de mesures et d'observations concentrés sur une faible surface ;
- une présence quasi-permanente sur le terrain de techniciens qualifiés ;
- une masse considérable de données à collecter, traiter puis analyser.

Un BVRE cela signifie en conséquence et en raccourci, une dépense considérable. Une dépense encore accrue lorsque l'on doit effectuer une expérimentation telle qu'une coupe d'hectares de forêt.

Aucun étonnement donc si quelque dix ans après l'expansion a sonné l'heure des premiers comptes. Elle coïncidait avec la fin de la croissance de l'après-

guerre. Les restrictions de crédits mettaient (à tort) en compétition les dépenses modérées de gestion des réseaux hydrométriques sur grandes rivières, au service de leur aménagement (navigation, grands barrages...) et celles jugées excessives des petits bassins.

Les sciences hydrologiques avaient bien fait de promouvoir les recherches sur BVRE grâce à l'abondance relative des ressources financières des années 60. Sans ces recherches, les connaissances sur les phénomènes hydrologiques n'auraient pu être développées.

Rappelons ici que ces connaissances étaient des plus modestes (cf. HORTON, SHERMAN...).

L'exploitation des données hydrométriques de réseau permettait seulement l'analyse statistique des séries temporelles mais ne permettait en rien d'entrer dans la boîte noire, dans le bassin versant dans lequel la pluie devenait ruissellement ou infiltration ou évapotranspiration...

Toutes les études sur BVRE ont permis d'accéder à la connaissance de ces différents processus :

- formation du ruissellement sous forte intensité de pluie ;
- alimentation de la nappe phréatique par descente du front d'humectation des profils hydriques de sols ;
- évapotranspiration réelle des couverts végétaux sous pluies naturelles ;
- écoulement retardé après accumulation provisoire d'eau infiltrée dans les couches très superficielles du sol... etc...

Les modélistes ont disposé là des seuls moyens leur permettant de vérifier les concepts théoriques initiaux de CRAWFORD et LINSLEY, bases du modèle de STANFORD. Ils ont pu ainsi sur des observations in situ et des analyses expérimentales justifier tel concept, simuler tel autre.

Les modèles se sont d'ailleurs diversifiés, spécialisés selon leurs objectifs : simuler l'écoulement formé surtout de ruissellement, simuler l'alimentation de la nappe profonde, simuler l'évapotranspiration d'une plante cultivée... etc... La spécialisation recourait à la physique, aux équations différentielles, aux paramètres nombreux,

aux temps de calcul élevés... (ex. des modèles d'infiltration ou de transferts en milieux poreux).

Le refus de la spécialisation conduisait à simplifier, à imaginer par exemple une cascade de 3 ou 4 réservoirs pour symboliser les différentes zones du sol, la nappe ou l'écoulement retardé...

Quelle que soit la voie choisie, le modéliste n'avait d'espoir tangible de vérification qu'en s'appuyant sur les données de BVRE, ou de parcelles.

Ainsi fut donné le grand essor des sciences hydrologiques dans les années 60 et 70.

La France était dans la course.

En 1969, 21 BVRE étaient répertoriés (dont 5 dans les Dom Tom) et leurs données de base publiées grâce à une Action concertée Eau de la DGRST.

En 1974, la Décennie hydrologique de l'UNESCO s'achevant, j'eus la satisfaction de pouvoir dans un numéro spécial des Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie, faire une présentation de l'activité française en matière de BVRE. Comme l'avaient déjà fait les USA et la Nouvelle-Zélande, ce numéro spécial présentait le résumé des résultats de recherches obtenus sur 19 de ces 21 bassins (cf. carte jointe).

Un extrait court de cette présentation permet d'évoquer la substance de ces résultats :

"Le comportement hydrologique détaillé, c'est-à-dire à l'échelle de tous les éléments du bilan hydrique, de petits bassins versants est maintenant bien connu pour divers milieux répartis dans toute la France. L'influence du milieu sur le comportement hydrologique a été particulièrement analysé (massif Armoricaïn, molasses du piedmont pyrénéen, haut bassin granitique du Tarn, forêt guyanaise, etc).

A côté de la formation de l'écoulement superficiel, un effort certain a été fait en direction de la recherche du comportement du sol - zone non saturée - dans le mécanisme de l'alimentation des nappes (Orgeval, Hallue, karst sous-cévenol...).

Les techniques modernes du contrôle de l'humidité des sols par sonde neutronique (bassin de Miélan) et du traçage artificiel (bassin des Blaves, d'Orgeval, de l'Eyre) ont été utilisées avec succès ce qui implique la mise au point de méthodologies opérationnelles sur le terrain et l'obtention de résultats significatifs. Il en a été de même de l'application des modèles à la compréhension des phénomènes aussi bien à l'échelle globale du bassin (modèles déterministes sur la Diège, le Réal Collobrier, l'Orgeval, le Gardon d'Anduze) qu'à celui de l'alimentation de la nappe (modèle



Plan de situation des bassins versants représentatifs en France

bidimensionnel d'écoulement et modèle de convolution pluie débit pour la nappe de craie de Picardie)."

L'action de l'ORSTOM dans les pays tropicaux fut d'une autre ampleur. La dimension géographique, l'énormité des questions des aménagistes militèrent en faveur d'une politique non pas de recherche intensive localisée de long terme comme en France métropolitaine mais dans le sens d'une couverture extensive par petits bassins représentatifs exploités seulement 2, 3, ou 4 ans.

En 20 ans, 1951-79, près de 250 BVRE répartis en quelques 100 ensembles géographiques distincts situés en 16 pays et 3 DOM TOM, ont été ainsi exploités et leurs données de base rassemblées, homogènes, en un Recueil, là aussi comme les USA l'avaient fait quelques années auparavant.

Le dimensionnement des ouvrages d'art a été grandement facilité au cours de ces 20 années d'exploitation de BVRE.

Que l'on en juge sur quelques chiffres évocateurs. Alors que les grands cours d'eau intertropicaux, drainant des bassins de plus de 10.000 km² ont des débits maximaux variables dans une fourchette modérée de 1 à 10 (d'environ 10 à 100 l/s km²), les petits bassins versants de moins de 200 km² se révèlent autrement irréguliers. Leurs crues décennales estimées varient entre 200 et 20.000 l/s km², soit entre 1 et 100 !

Leur écoulement moyen annuel est encore plus disparate :

de 20 à 120 mm en région de steppe semi-aride

de 100 à 750 mm en zone tropicale à savane boisée

de moins de 100 à près de 3.000 mm sous forêt équatoriale.

Sans le recours systématique aux BVRE, de tels écarts eussent été inaccessibles.

Les synthèses tentées ne sont pourtant pas très précises. Elles ne prétendent pas approcher les caractéristiques hydrologiques à mieux de 25 ou 50% près. Mais lorsque l'on regarde l'énorme variabilité insoupçonnée de celles-ci, on peut estimer que ces synthèses sont satisfaisantes du point de vue de l'utilisateur. Si l'on s'attache par contre à la notion de représentativité, ici sous-jacente tout au

long de l'analyse conduite, on doit reconnaître les résultats actuels comme encore non satisfaisants. Que ce soit J. RODIER ou moi-même cette représentativité nous l'avons recherchée par le truchement soit d'indices numériques (hauteur de pluie, superficie, densité de drainage...) soit de classes de relief ou de perméabilité sans jamais atteindre réellement l'objectif.

Transférer les résultats d'un bassin représentatif à un autre bassin voisin non observé, situé dans une zone géographique à comportement hydrologique apparent similaire, reste encore aujourd'hui une tâche difficile pour laquelle il n'y a pas encore de méthode précise universelle mais seulement un ensemble de règles et conseils à appliquer avec discernement... Mais des progrès récents ont eu lieu, prometteurs (SOCOSE en France, FRENCH en G.B.... etc...).

De nombreux hydrologues travaillent encore aujourd'hui dans cette direction du "transfert" à un bassin non observé.

Dans l'attente, l'adjectif "représentatif" a été écarté par beaucoup qui préfèrent plutôt parler de bassins de recherches ou d'investigation sans autre spécification.

Ce malaise autour de la représentativité difficilement saisissable, était également ressenti dans tous les pays qui avaient le plus investi en matière de BVRE.

Le Groupe de travail de l'UNESCO déjà cité s'en fit d'une certaine manière l'interprète. J. JACQUET avait proposé que je lui succède dans ce groupe ; la Décennie hydrologique avait cédé la place au Programme Hydrologique International PHI.

Nous co-éditâmes ainsi en 1982 sous la présidence de D.N. BODY, australien, un nouvel ouvrage sur les applications des résultats des BVRE qui se voulait, par l'exposé d'une série de cas concrets, la preuve de l'utilité de ces outils coûteux.

Dans mon introduction d'alors, vous me permettrez de relever quelques phrases :

"La plus grande difficulté vient encore du comportement hydrologique du sol".

"L'usage des modèles tend à augmenter ; mais leur emploi pratique pour extrapoler est encore limité parce que la plupart de leurs paramètres de réglage ne peuvent pas être entièrement explicités par des conditions de milieu".

Nous sommes bien là au coeur du débat sur les processus hydrologiques et sur l'exploitation de leur connaissance. Plus les recherches sur BVRE se sont développées, plus est apparue grande la diversité des comportements des sols et des couverts végétaux associés vis-à-vis de la dynamique des eaux.

La tendance a été vers la réduction des surfaces, pour mieux analyser sur bassins élémentaires des milieux homogènes. Le "bond en amont" jusqu'à la parcelle de 1 m² arrosée par simulateur de pluies a montré l'extrême hétérogénéité spatiale du milieu sol si l'on compare tel m² à tel autre... Ce bond a aussi permis de remonter à la source de la fonction de production. Le transfert par simple sommation spatialement pondérée à l'exutoire du BVRE des fonctions de production obtenues sur parcelles métriques ne donne pas toujours des résultats consistants. On est devant un effet d'échelle - scale effect - maintenant à l'ordre du jour.

Cette remontée à la parcelle à, en outre par exemple, permis d'identifier le rôle déterminant des organisations pelliculaires de surface des sols dans leur comportement hydrologique. CASENAVE et VALENTIN ont ainsi dressé un catalogue des états de surface (sortes d'intégrales spatiales des organisations pelliculaires et des couverts végétaux...) des sols d'Afrique Occidentale à partir duquel devrait se recomposer une typologie moderne et plus efficace de l'aptitude au ruissellement.

Le même bond en amont a conduit d'autres hydrologues en particulier en climat tempéré à pluies fines peu intenses ou sous couverts forestiers denses à développer tout un ensemble de concepts analytiques et expérimentaux sur l'hydrologie des versants (hillslope hydrology). HEWLETT et HIBBERT furent les premiers en 1965 lors du symposium déjà cité d'hydrologie forestière. Puis DICKINSON et DUNNE avec d'autres en 1970 mirent en lumière le concept d'aire contributive - contributing area - en contradiction avec le précepte d'HORTON : certains sols sous pluies naturelles fines et peu intenses laissent toute l'eau s'infiltrer, l'écoulement immédiat n'est dû qu'aux sols saturés en surface de zones où affleure une nappe. Enfin, cette aire contributive varie avec le temps, en fonction de la nappe.

Curieusement dès 1960, faisant sa thèse sur le plus vieux BVRE français celui d'ALRANCE, CAPPUS aboutissait aux mêmes conclusions. Ce précurseur prématuré (à avoir raison trop tôt !) fut injustement oublié.

Depuis heureusement Claude COSANDEY et Philippe MEROT ont, entre autres, réhabilité l'expérience française et fort bien argumenté autour du concept d'aire contributive variable... grâce à leurs travaux sur des BVRE bretons.

C'est certainement le moment d'écrire que le processus de l'effet piston doit beaucoup aux travaux des hydrologues français travaillant sur BVRE (à l'Orgeval, en Bretagne, dans les Vosges ou le Chablais). L'usage de traceurs isotopiques a permis d'identifier l'origine des eaux constituant l'hydrogramme de crue à un exutoire de bassin. Cet effet piston ou de chasse vers l'exutoire d'eaux pré-infiltrées, sous l'effet de la pluie s'infiltrant, pourrait être rapproché de la vieille notion d'écoulement hypodermique ou retardé.

On le voit, la connaissance sur les processus hydrologiques s'est considérablement enrichie et diversifiée grâce aux travaux sur BVRE au cours des trente à quarante dernières années.

Les modélistes disposent de bases nombreuses permettant de bâtir des outils de simulation adaptés aux situations rencontrées et aux problèmes à résoudre.

Il reste encore beaucoup à faire. Le transfert à des bassins non observés et l'effet d'échelle sont entre autres à l'ordre du jour.

Les effets d'une occupation variable des sols

Et ce n'est pas tout ! Nous n'avons jusqu'à maintenant parlé que des processus hydrologiques majeurs de base. Ils furent c'est vrai de loin les seuls ou presque à retenir l'attention durant la période d'expansion 60-70 précitée.

En 1979, l'inventaire actualisé des bassins représentatifs et expérimentaux français* indiquait toujours 21 BVRE... mais dont 12 seulement étaient déjà en activité lors de l'inventaire précédent de 1969.

Dans les objectifs de ces bassins, on décelait l'émergence de nombreux thèmes :

- le bilan hydrochimique du bassin alimentant un lac de montagne ;
- l'impact du remembrement sur le régime d'un petit cours d'eau breton ;

* publié par le Ministère de l'Environnement

- la qualité des eaux d'un bassin d'agriculture intensive du bassin parisien et l'influence du drainage sur son régime des eaux ;
- l'influence du déboisement sur une partie du bassin du Périgord ;

... etc...

Remembrement, drainage, déboisement, emploi des fertilisants... l'influence des activités humaines transparaisait nettement.

On commençait à faire du bassin expérimental sans le dire ou plutôt à analyser expérimentalement les effets d'activités humaines nettement identifiées. On ne peut en effet dans nos pays relativement densément peuplés, hors les rares réserves ou parcs nationaux (inaccessibles ?) se livrer aisément à des expérimentations grandeur nature sans l'avis des propriétaires...

On le fit seulement en Guyane, où la menace d'une vaste déforestation à des fins papetières avait permis de mobiliser les ressources pour financer le plus vaste ensemble expérimental sous forêt tropicale humide. L'opération ECEREX démarra en 1977. Dix bassins de 1 à 1,5 ha sous forêt furent soit conservés comme témoins après calibrage, soit déforestés puis transformés en :

- peuplement de pins ou d'eucalyptus ;
- pâturage ;
- verger d'agrumes ;
- abattis traditionnel.

En mars 1983, les journées de Cayenne réunissaient 50 scientifiques pour dresser un premier bilan des expérimentations. Non seulement les constats hydrologiques de la modification de l'écosystème forestier étaient dressés en termes de débits et d'éléments transportés par érosion, mais encore avaient été analysés l'interception des pluies, le microclimat, la matière organique, l'évolution botanique, les activités microbiennes et la vie faunique.

On avait fait la preuve qu'autour de la notion de BVRE pouvaient venir s'agréger différentes disciplines écologiques pour accéder à une meilleure connaissance

d'un écosystème et de ses modifications. On le doit sous l'impulsion du CTFT/CIRAD et de l'ORSTOM à une association de chercheurs de l'INRA, du Muséum... etc...

ECEREX ne préfigure t'il pas l'avenir ?

Si la déforestation est aujourd'hui le thème majeur des tropiques humides pour la fin du siècle - preuve de l'excellent choix bien ciblé d'ECEREX il y a 10 ans -, l'érosion des terres l'est également en d'autres régions à agriculture intensive ou sous climat violent et couverture du sol insuffisante.

De nombreux BVRE en Italie, en Tunisie, en France (Alpes et versant méditerranéen) s'intéressent en premier chef aux processus de genèse de l'érosion des terres, à la formation des transports solides en cours d'eau. Les problèmes météorologiques sont encore considérables même si des progrès récents laissent espérer pour bientôt une relative fiabilité et une signification physique claire dans les mesures réalisées. La compréhension des processus de formation des transports solides reste encore balbutiante tant ils sont complexes et variables.

La caractérisation hydrochimique de bassins sous couverts types, ou comment se drainent les excédents (nitrates) des apports intenses de fertilisants agricoles sont aussi parmi les thèmes en croissance exponentielle sur BVRE au cours des années 80.

Le programme DEFORPA de dépérissement des forêts par pollution atmosphérique fait aussi appel à BVRE (celui du Strengbach à AUBURE) pour une analyse fine du bilan hydrochimique d'un complexe conifère - sol granitique particulier.

La croissance urbaine pose d'énormes problèmes d'évacuation des eaux pluviales. Une discipline nouvelle, l'hydrologie urbaine voit le jour. Elle règle ses outils, forge ses modèles sur des BVRE urbains. Les problèmes de variabilité spatio-temporelle à très petits intervalles des précipitations y peuvent être analysés. Leur résolution est la clé principale du dimensionnement des évacuateurs, au coût considérable.

Enfin, l'Europe s'engage dans une voie de ralentissement de sa production agricole. On parle de gel des terres, de mise en friches de millions d'hectares. Quelle répercussion sur la ressource en eau de demain. Là aussi, l'outil BVRE doit être utilisé.

En cette fin de XX^e siècle, les modifications des règles d'occupation des sols se font à des rythmes accélérés, peu prévisibles, les activités humaines sur leur environnement (air, eau, sol...) se

diversifient, s'intensifient. Les répercussions sur les ressources en eau et en sol, sur les équilibres biogéochimiques des milieux vont suivre les mêmes rythmes. Leur connaissance est indispensable pour prévoir les risques, proposer les correctifs avant que certains seuils de déséquilibre ne soient franchis, au delà desquels pour la collectivité la nuisance ou le coût global deviennent exagérés.

Face à cette situation, la recherche hydrologique tente de s'adapter. Dans un premier temps, elle réagit un peu au coup par coup, faisant preuve d'un beau dynamisme.

Ainsi à la situation relativement stable des BVRE français en exploitation dans les décennies 60 et 70 fait suite une explosion tout azimuts dans les années 80. Par rapport aux inventaires déjà cités de 1966 et 1979, l'inventaire informatisé actualisé établi par le CEMAGREF de Lyon est tout-à-fait surprenant.

Il décompte : 35 bassins installés avant 1979

80 - - depuis 1979 !

Certes, il se veut ouvert et non restrictif, acceptant tout bassin, parcelle ou site de terrain sur lequel on mesure au moins un élément du cycle de l'eau, au moins un an.

Les objectifs affichés sont révélateurs :

- 5 seulement se contentent des processus hydrologiques ;
- 30 s'intéressent aux transferts de nitrates et autres éléments nutritifs dans les terres agricoles ;
- 20 analysent l'influence du drainage agricole ;
- 6 s'intéressent à l'hydrochimie, 6 à des problèmes de pollutions, 6 à l'érosion, 7 aux milieux urbains.

Bel échantillonnage révélateur des évolutions d'occupation des sols, évoquées précédemment.

Mais foisonnement ne dit pas organisation. Au moins 80% de ces bassins ont servi 1 an, 2 ans à des objectifs locaux spécifiques et ont été exploités par des organismes très divers : SRAE, Universités, INRA, LRPC, CEMAGREF, Communautés urbaines... etc...

Le besoin de stabilité de bassins de référence

Des orientations extensives, comme celle concernant les transferts de nitrates, se conçoivent. Mais sans coordination minimale sur les mesures, observations et procédures d'analyses - comme ce fut le cas de l'ORSTOM en zones tropicales de 1950 à 1980 -, on peut craindre que toute tentative de synthèse régionale ou nationale ne rencontre beaucoup de difficultés.

L'important c'est aussi la durée. On en a déjà mentionné le caractère indispensable pour les questions forestières. La même nécessité s'applique aux autres occupations des sols dont les effets sur le cycle de l'eau ne sont pas toujours immédiats mais peuvent être différés (effets de tamponnage des sols, effets cumulatifs de polluants... etc...).

Il nous paraît à l'évidence souhaitable si ce n'est indispensable de disposer en France de quelques bassins versants de référence (BVRE...) sur lesquels on soit assuré de disposer sur le long terme :

- a - de séries continues de mesure des principaux paramètres du cycle de l'eau ;
- b - d'un contrôle continu de l'occupation des sols.

L'Orgeval, que l'on fête aujourd'hui, n'en est-il pas le vibrant exemple, grâce à la vision persévérante du CEMAGREF qui le gère depuis 25 ans.

D'autres BVRE de référence ont été identifiés ou sont disons en cours d'homologation.

Le Comité Scientifique et Technique CST/BVRE du Ministère de la Recherche ne vient-il pas par une argumentation comparable d'obtenir que de tels bassins de référence puissent être considérés comme des laboratoires permanents (de terrain) et à ce titre susceptibles d'être dotés d'équipements (mi-lourds). Un rajeunissement des dispositifs de mesure des plus anciens bassins est actuellement en cours grâce à ces moyens nouveaux.

Tout paraît donc en place pour une politique nationale coordonnée de BVRE (de référence), pivots du suivi à long terme du cycle de l'eau et de ses modifications dues aux influences humaines ou climatiques, autour desquels alors se comprendra mieux le foisonnement d'études localisées, spécifiques et de courtes durées sur d'autres bassins.

Une théorie s'ébauche ainsi, fort comparable à celle qui a prévalu en matière d'organisation de réseau

hydrométrique : des stations primaires (permanentes, de référence) et des stations secondaires ou tertiaires (à objectifs spécifiques). Elle s'harmonise d'ailleurs assez bien avec l'idée défendue par nos collègues suisses et allemands selon laquelle les BVRE font partie intégrante du réseau hydrométrique national.

N'est-ce pas également en amalgamant données des deux origines (quelques 200 bassins) que les chercheurs du CEMAGREF ont en 1980 réalisé la première synthèse nationale sur les crues des petits bassins versants (régimes nivaux et karstiques exclus).

Cette synthèse française réussissait plus facilement que celle tentée par l'ORSTOM, quinze ans auparavant, sur les milieux tropicaux, certes plus irréguliers.

Elle permettait une estimation de la crue décennale à l'aide de paramètres simples (surface, longueur du bassin, pluviométrie, température moyenne). Les méthodes SOCOSE et CRUPEDIX ouvraient la voie du transfert à des bassins non observés.

Nos collègues britanniques ont depuis lors repris le flambeau de l'usage conjoint des données de BVRE et de réseau pour des synthèses hydrologiques sur les crues et les étiages.

Je veux parler du projet FRENED "Flow Regimes from experimental and network data" pour lequel ont été rassemblées les données d'environ 1400 - 1500 stations de réseau et 117 BVRE en provenance de Grande-Bretagne mais aussi d'Irlande, Belgique, Pays-Bas, Danemark, Norvège, Suède, Finlande, Allemagne Fédérale, France, Suisse et Autriche.

Le projet FRENED coordonné par l'Institut d'Hydrologie de WALLINGFORD préfigure ainsi l'utilité et l'efficacité de l'association européenne.

Le réseau euro-méditerranéen de bassins représentatifs et expérimentaux

L'idée du réseau est toute simple et découle logiquement de tout ce qui vient d'être dit sur les influences de l'occupation variable des sols sur le cycle de l'eau et sur le besoin d'une stabilité à long terme de BVRE de référence.

L'extrait suivant est fait à l'exposé des motifs de la note justificative du projet de réseau européen que je rédigeai en 1985 et qui conduisit le Ministère de la Recherche à soutenir l'idée dans le cadre de sa politique de réseaux européens de laboratoires.

"Exposé des motifs...

- 1.1. - Les activités humaines croissent et se diversifient sans cesse, tantôt par à-coups. Il en est de même de leur impact sur la qualité et la quantité des ressources en eau disponibles. L'espace rural comme l'espace urbain sont également affectés.

L'étude de ces impacts et leur suivi sur le long terme sont des problèmes majeurs que la recherche peut et doit mener à bien pour orienter les prises de décision en matière d'aménagement et de sauvegarde du territoire.

- 1.2. - Processus hydrologiques et ressources en eau apparemment stables, malgré le caractère aléatoire des précipitations qui en sont la cause première, dans un environnement en équilibre, peuvent subir des modifications sous l'effet des tendances climatiques à long terme et sous l'action directe ou indirecte de l'homme agissant sur l'équilibre de cet environnement. Seule une surveillance continue permet de quantifier ces modifications. Les bassins représentatifs, expérimentaux, témoins et repères sont les outils les mieux adaptés à cette surveillance, à détecter les modifications, à évaluer les effets d'une modification donnée en l'expérimentant...

- 1.3. - Ces petits bassins doivent être permanents pour être efficaces. Il s'agit d'équipements lourds (logistiques et moyens d'observations, de mesures et d'expérimentation). Leur association au sein d'un réseau européen peut aider à assurer leur permanence, et devrait amplifier l'efficacité de leurs résultats par une coordination volontaire des objectifs et des méthodes.

- 1.4. - Les principaux types d'activités humaines affectant l'espace rural comme le milieu urbain sont nombreux et plusieurs zones critiques peuvent être identifiées dans des pays européens voisins. Chaque pays ne peut aisément procéder à des expérimentations lourdes, longues et coûteuses sur des terrains dont il faut avoir la maîtrise, pour tous les problèmes rencontrés. Une répartition judicieuse des problèmes à traiter associée à un échange d'informations sur les résultats entre plusieurs pays européens et/ou méditerranéens favoriserait l'obtention au moindre coût de solutions valables pour tous."

A l'aide du financement incitatif ainsi obtenu, l'aventure commençait. Elle ne put se réaliser que grâce au concours actif de nos collègues du CEMAGREF d'Antony, d'Aix, de Grenoble, de Lyon... et tout particulièrement grâce à Guy OBERLIN.

A Aix-en-Provence en Octobre 1986, une réunion de concertation réunissait 45 spécialistes venus de 6 pays et de la FAO. Elle aboutissait à démontrer une unanimité d'intérêt pour la création d'un réseau de BVRE et me demandait de poursuivre la mise en oeuvre concrète de celui-ci en approfondissant quelques points d'ordre structurel.

L'envoi d'un questionnaire permettait de toucher les spécialistes de dix pays européens et de Tunisie. Les réponses dégageaient clairement le cadre conceptuel du réseau ainsi exposé en Juin 1987 :

- a - un réseau euro-méditerranéen d'association de gestionnaires de BVRE et d'équipes de recherches travaillant sur ces bassins ;
- b - un lieu d'échanges d'informations, de visites et de réunions ;
- c - un lieu de réflexion méthodologique et d'élaboration de projets de recherche d'intérêt commun ;
- d - la liaison interne assumée par les comités nationaux de l'UNESCO-PHI désignant des correspondants nationaux dont l'un serait le coordonnateur du réseau.

Un an après, en Juillet 88, le 1er bulletin du Réseau paraissait, toujours grâce à l'aide du CEMAGREF de Lyon. Nouvelles BREves/ERB News matérialise ainsi le lieu d'échanges d'informations.

Huit pays déjà dès la fin de 1987 et le début de 1988 manifestaient leur adhésion globale en désignant leur correspondant national : Belgique, Pays-Bas, Allemagne Fédérale, Suisse, Italie, Portugal, Royaume-Uni et France.

L'Assemblée Générale du réseau se tient début Octobre 1988 à Pérougia en Italie. On y attend quelques 50 spécialistes en provenance non seulement des huit pays précités mais également de Finlande, Espagne, Turquie et Yougoslavie.

Beaucoup de sujets importants s'y discutent :

- a - l'homogénéisation des réseaux nationaux de mesures et observations sur BVRE ;
- b - l'état des connaissances et recherches en cours sur les processus érosifs et de formation des transports solides ;
- c - le champ de développement du projet FRENDE dans sa 2^e phase ;
- d - l'inventaire européen informatisé des BVRE.

La coopération européenne est en marche. Puisse-t-elle nous permettre à tous de mieux comprendre tous les processus hydrologiques et biogéochimiques sur petites surfaces, de mieux suivre les évolutions dans l'occupation des sols, de mieux identifier et quantifier les effets sur le cycle de l'eau des multiples activités humaines. Un ensemble de BVRE européens de référence doit servir de noyau et de base à toutes ces recherches et études hydrologiques.

Références bibliographiques :

- C. TOEBES, V. OURIVAIEV - 1970 - Representative and Experimental basins. An international guide for research and practice. UNESCO Edit.
- W.E. SOPPER, H.W. LULL - 1965 - International Symposium on Forest Hydrology. Proceedings of a seminar held at Pennsylvania St. Univ. Pergamon Press Edit.
- P. DUBREUIL - 1974 - Présentation de l'activité française en matière de bassins représentatifs au cours de la Décennie hydrologique internationale. Cab. ORSTOM. Sér. Hydrol. Vol XI, 2.
- P. DUBREUIL - 1972 - Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux. ORSTOM Edit.
- J.A. RODIER - 1975 - Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain. ORSTOM. Travaux et Documents 46.
- P. DUBREUIL - 1986 - Review of relationships between geophysical factors and hydrological characteristics in the tropics. Journ. of Hydrology. 87 pp. 201.222.
- UNESCO. W.G. on REB - 1982 - "Application of results from representative and experimental basins" - UNESCO Press.
- C. COSANDEY - 1986 - De l'origine de l'écoulement rapide de crue dans un petit bassin forestier breton - Z. Geomorphol. N.F. Berlin Suppl. Bd. 60.
- C. MICHEL, J.C. MAILHOL - 1980 - Estimation d'une crue décennale sur un petit bassin versant non jaugé. La méthode SOCOSE. C.I.I.D. XI^e Congrès - Q, 37, R.22 pp. 373.379.

 CNFSH, CEMAGREF - Projet de réseau européen de bassins représentatifs et expérimentaux. Réunion d'Aix-en-Provence - Octobre 1986.

Nouvelles BREves/ERB News. Bulletin n° 1. Juillet 1988